

Компанія KELI SENING TECHNOLOGY (Ningbo) активно розвиває і реалізовує напрямлення по впровадженню технології «Інтернет Вещей» в індустрію взвешивання. Впроваднюючи технологію «KELI IoT», ми говоримо про більш складне явище, ніж просто набір датчиків. Практика збору і аналізу даних об'єкті – для будь-яких систем взвешивання, – з допомогою датчиків існує давно. Весовий інтернет вещей (KELI IoT) радикально відрізняється тим, що системи взвешивання об'єднуються в єдину мережу з аналітичними і/або керуючими системами. Таким чином формується самостійна мережа, а всередині мережі йде обмін даними, на основі яких приймаються рішення і виконуються дії по керуванню об'єктом.

Аналогові або цифрові вимірювальні системи транслюють дані на хмарне сховище, до якого з допомогою «гаджетів» в будь-який час, з будь-якої точки світу можливо отримати доступ. Це дозволяє віддалено присутувати на весовій платформі і в «online» режимі отримувати актуальні дані і використовувати їх для запобігання непланових простоїв, поломок обладнання, спроб шахрайства і збоїв в роботі обладнання і багато інше. Використання нових технологій дозволяє бізнесу стати більш конкурентним, знизити витрати, економно споживати ресурси, економити на ремонтах і обслуговуванні.

В доповіді представлені реалізовані в Україні рішення KELI IoT виконані з використанням компонентів виробництва KELI SENING TECHNOLOGY аналогових (QS) і цифрових (ZSF) тензорезисторних вимірювальних датчиків, цифрових перетворювачів (ХК3118 і D39), комутаційного обладнання і програмного забезпечення.

Проаналізовані переваги і недоліки рішень. Показано, що використання описаних технологій дозволяє підвищити метрологічні і надійнісні характеристики вимірювальних систем, і одночасно рівень автоматизації технологічних процесів на їх основі.

*Ключові слова:* технологія «Інтернет Вещей», KELI IoT, індустрія взвешивання, доступ в режимі online.

удк 531.75

## ВИЗНАЧЕННЯ ГУСТИНИ СИПКОГО МАТЕРІАЛУ В ГРАВІТАЦІЙНОМУ ПОТОЦІ

*Ходячий В. В., Нікітін О. К.*

*Національний технічний університет України*

*“Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”, Київ, Україна*

*E-mail: [vladhod22@gmail.com](mailto:vladhod22@gmail.com), [vargin\\_@ukr.net](mailto:vargin_@ukr.net)*

Розробка динамічних засобів вимірювання витрат рідин, газів та сипких матеріалів базується на наявності інформації стосовно густини середовища. Це

обумовлюється тим, що густина середовища є однією з основних фізичних величин, які визначають динамічний тиск в потоці.

В умовах статичної густини визначається відношенням маси тіла до його об'єму. При русі сипкого матеріалу в газовому середовищі потік приймає вигляд двофазної непружної дисперсної системи. Для побудови математичної моделі гідродинамічних витратомірів сипких середовищ, яка аналогічна моделям для рідин та газів, будемо визначати густину як масу одиниці об'єму дисперсної суміші.

В доповіді розглядається питання визначення густини двофазного сипкого матеріалу в повітрі, який рухається в гравітаційному вертикальному потоці. Спрощена модель – з бункера скрізь донний отвір висипається сипкий матеріал, який на відстані  $h$  взаємодіє з тілом обтікання. Необхідно визначити, як змінюється густина сипкого матеріалу залежно від відстані між нижньою площиною діафрагми бункера та тілом обтікання.

Швидкість тіла, яке вільно падає в умовах вакууму, визначається:

$V = \sqrt{2gh}$ , де  $V$  – швидкість;  $g$  – прискорення вільного падіння;  $h$  – висота падіння.

Потік, що формується при падінні часток сипкого матеріалу, можна представити у вигляді циліндра з основою  $S$  і висотою  $h_0$ .

Час прольоту однієї частини сипкого матеріалу відстані  $h$  буде дорівнювати:

$$\Delta t = \frac{h_0}{V_{cp}} \cdot (1 + \sigma),$$

де  $V_{cp}$  – середня швидкість падіння однієї частини;  $(1 + \sigma)$  – поправка на опір повітря.

Одночасно  $t_1$  – це проміжок часу формування одного, умовно, елементарного об'єму. Якщо відомий час висипання всієї кількості сипкого матеріалу з бункера, то можна визначити кількість елементарних об'ємів і відповідно загальний об'єм середовища, що формується при висипанні:

$$n = \frac{t_0}{\Delta t}; \quad V = nhS, \quad \text{де } t_0 - \text{час витоку всього сипкого матеріалу з бункера;}$$

$S$  – площа отвору витоку сипкого матеріалу.

Середня швидкість руху однієї частинки визначається наступним чином:

- Визначаємо площу під графіком  $V = f(h)$ :

$$S_r = \int_0^{h_0} V dh = \int_0^{h_0} \sqrt{2g \cdot h^{1/2}} dh = \frac{2}{3} \sqrt{2g} \cdot h_0^{3/2},$$

- поділимо  $S_r$  на  $h_0$  і отримуємо:

$$V_{cp} = \frac{S_r}{h_0} = \frac{2}{3} \sqrt{2g} \cdot h_0^{1/2}.$$

Визначаємо  $t$ , при  $\sigma = 0,2$ :

$$\Delta t = \frac{3h_0^{1/2} \cdot 1,2}{2\sqrt{2g}}.$$

Об'єм потоку середовища буде становити:

$$V = nh_0 S = \frac{t_0 \cdot 2 \cdot \sqrt{2g}}{3,6 \cdot h_0^{1/2}} h_0^{1/2} \pi \frac{D_{om}^2}{4} = \frac{1}{7,2} \cdot t_0 \cdot \sqrt{2gh_0} \cdot \pi \cdot D_{om}^2.$$

Густина середовища в потоці буде дорівнювати:

$$\rho = \frac{7,2m}{t_0 \cdot \sqrt{2gh_0} \cdot \pi \cdot D_{om}^2}.$$

Експериментальні дослідження проводилися на сипких матеріалах масою до 5 кг в бункері з донним отвором витікання діаметром 40 мм. Відстань від отвору бункера і до тіла обтікання дорівнювала 19 мм. Наприклад, в процесі експерименту було отримано що за 18,01 секунди було висипано з бункера 4904 грам сипкого матеріалу. Візьмемо всі дані і підставимо в формулу визначення густини:

$$\rho = \frac{7,2 \cdot 4,904}{18,01 \cdot \sqrt{2 \cdot 9,8 \cdot 0,19} \cdot 3,14 \cdot 0,04} = 202,21 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}.$$

При використанні цього значення в формулах визначення сили динамічної взаємодії сипкого матеріалу з тілом обтікання та прямого вимірювання сили взаємодії похибка не перевищила 2,2 %.

Отже, приведені вирази можна використовувати на практиці при визначенні статичних характеристик динамічних витратомірів сипких матеріалів.

*Ключові слова:* сипкий матеріал, густина, потік, бункер.

УДК 378.141

## ПРЕЗЕНТАЦІЯ ОСВІТНЬО-ПРОФЕСІЙНОЇ ПРОГРАМИ «КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНІ ТЕХНОЛОГІЇ ПРОЕКТУВАННЯ ПРИЛАДІВ». ДРУГИЙ (МАГІСТЕРСЬКИЙ) РІВЕНЬ ВИЩОЇ ОСВІТИ

*Нікітін О. К., Згуровська Л. П., Толочко Т. О.*

*Національний технічний університет України*

*“Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”, Київ, Україна*

*E-mail: [vargin@ukr.net](mailto:vargin@ukr.net)*

З метою отримати думку спільноти розробників та виробників ваговимірювальних пристроїв, в перелік закладів конференції внесена презентація освітньо-професійної програми (ОПП) для другого (магістерського) рівня вищої освіти.

Доцільність обговорення ОПП з авторитетними фахівцями галузі вимірювання маси, які представляють виробництво і метрологічні центри, обумовлена побажаннями МОН та керівництва університету.